Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 5, Dec- Jan 2019, p. 777-787

نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 5، آذر- دی 1397، ص. 787-777

اثر روغن جوانه‌گندم استخراج شده با پیش تیمار مایکروویو بر پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا

محمدتقی گلمکانی[1]*- مرضیه موسوی نسب[2]- ملیحه کرامت[3]- آذین آژند[4]

تاریخ دریافت: 1396/07/21
تاریخ پذیرش: 1396/12/01

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی اثر روش استخراج به کمک مایکروویو بر بازدهی استخراج و بعضی از خصوصیات شیمیایی روغن جوانه گندم در مقایسه با روش متداول سوکسله بود. همچنین، روغن جوانه گندم به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی برای بهبود پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا نمونه‌های جوانه گندم تحت پیش تیمار مایکروویو قرار گرفته و سپس عملیات استخراج با روش سوکسله انجام گردید. بازدهی استخراج، عدد صابونی، عدد اسیدی، عدد یدی و پروفایل اسیدهای چرب روغن جوانه گندم استخراج شده با مایکروویو با روش متداول سوکسله مقایسه شدند. روغن جوانه گندم در غلظت 1000 ppm به روغن ماهی کیلکا افزوده شد. روغن ماهی کیلکای فاقد آنتی‌اکسیدان نیز به‌عنوان نمونه‌ی کنترل در نظر گرفته شد. عدد پراکسید و آنیزیدین نمونه‌های روغن ماهی کیلکا طی 15 روز نگهداری در دمای 60 درجه سلسیوس اندازه‌گیری شدند. روش استخراج به کمک مایکروویو بازدهی استخراج روغن جوانه گندم را 27-15% افزایش داد. ترکیب اسید چرب روغن جوانه گندم استخراج شده به کمک مایکروویو مشابه با روغن استخراج شده با روش متداول سوکسله بود. عدد اسیدی و صابونی نمونه استخراج شده با مایکروویو به‌ترتیب 2/07% و 9/65% بیشتر از نمونه استخراج شده با سوکسله بود. عدد یدی در روش‌های استخراج با مایکروویو و سوکسله و به‌ترتیب برابر با 124/75 و 132/90 گرم ید/100 گرم روغن بود. روغن جوانه گندم به شکل قابل توجهی عدد پراکسید، آنیزیدین و توتوکس روغن ماهی کیلکا را کاهش داد. زمان القاء و فاکتور حفاظت نمونه روغن ماهی کیلکا حاوی جوانه گندم (به‌ترتیب 120/20 ساعت و 1/42) به‌طور قابل توجهی بیشتر از نمونه کنترل (به‌ترتیب 84/40 ساعت و 1/00) بود. به شکل کلی، روغن جوانه گندم استخراج شده با مایکروویو می‌تواند به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی جهت افزایش پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: استخراج، پایداری اکسایشی، روغن جوانه گندم، روغن ماهی کیلکا، مایکروویو

مقدمه

جوانه گندم محصول جانبی صنایع آرد و آرد در گندم می‌باشد. جوانه گندم حاوی حدود 11% روغن می‌باشد. مقدار کل اسیدهای چرب غیراشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع در روغن جوانه گندم به‌ترتیب برابر 81% و 64% می‌باشند (Simopoulos 1999). روغن جوانه گندم به‌عنوان غنی‌ترین منبع توکوفرول‌ها و استرول‌های گیاهی شناخته شده است. ترکیبات فنولی موجود در روغن جوانه گندم شامل فرولیک اسید، وانیلیک اسید و گلیکوفلاون‌ها می‌باشند. لوتئین، زئازانتین و بتاکاروتن از فراوان‌ترین کاروتنوئیدهای موجود در روغن جوانه گندم می‌باشند (Panfili 2003; Kahlon 1989; Schwartz *et al*. 2008).

روغن جوانه گندم می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف مانند استخراج مکانیکی، استخراج با حلال‌های آلی، استخراج با حلال فوق بحرانی، استخراج با امواج فراصوت و استخراج به کمک مایکروویو به‌دست آید (Kou and Mitra, 2003). روش استخراج به کمک مایکروویو، یک تکنیک جدید استخراج می‌باشد. در این روش از ترکیب استخراج با حلال و مایکروویو استفاده می‌شود. مطالعات نشان داده است که استخراج به کمک مایکروویو باعث کاهش زمان استخراج، کاهش مصرف حلال، افزایش سرعت استخراج، افزایش کیفیت محصول و کاهش هزینه‌ها می‌شود (Hao *et al*. 2002).

ماهی کیلکا یکی از مهم‌ترین ماهی‌های اقتصادی دریای خزر

1- دانشیار، بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
2- استاد، بخش علوم و صنایع غذایی و گروه پژوهشی فرآوری آبزیان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
3- دانشجوی دکترا، بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
4- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
(*- نویسنده مسئول: Email: golmakani@shirazu.ac.ir)

DOI: 10.22067/ifstrj.v14i5.67944

محسوب می‌شود (Motalebi and Seyfzade 2011).روغـن مـاهی کیلکا منبع مهمی از اسیدهای چرب چند غیراشباعی و امگا 3 (به‌طور عمده دوکوزاهگزانوئیک اسید و ایکوزاپنتانوئیک اسید) می‌باشد (Lin and Lin 2004). مقدار اسیدهای چرب چند غیراشباعی و امگـا 3 در روغن ماهی کیلکا به‌ترتیب در محـدوده 21/77-19/43% و 16/81-13/40% می‌باشـند (Fazli *et al*.2009; Pazhouhanmehr *et al*. 2015; Pirestani *et al*. 2010). به دلیل بالا بودن مقدار اسیدهای چرب چند غیراشباع در روغن ماهی کیلکا، این روغن بسیار حساس به اکسایش بوده و طی مراحـل مختلـف فـرآوری، توزیـع، انبـارداری و مصرف با خطر کاهش ارزش تغذیه‌ای مواجه مـی‌باشـد (Yu *et al*. 2002). با توجه به پتانسیل بالای کشورمان در صید ماهی کیلکـا و کیفیت تغذیه‌ای بسیار بالای روغن آن، پایدارسازی این روغن توسط آنتی اکسیدان‌های طبیعی می‌تواند محصولی با ارزش غذایی بالا را به مصرف‌کنندگان ارائه دهد.

اثر افزودن آنتی‌اکسـیدان‌هـای طبیعـی بـر پایـداری اکسایشـی روغن‌های خوراکی در مطالعات متعددی مـورد بررسـی قـرار گرفتـه اسـت. Pazhouhanmehr و همکـاران (2015) گـزارش کردنـد کـه افزودن روغن هسته بنه به روغن ماهی کیلکا باعث افزایش پایـداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا می‌شود. Fazel و همکاران (2008) نیـز بیان کردند که روغن درخت چای به شکل قابل توجهی باعث کاهش عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید روغن ماهی کیلکا نسبت به نمونه کنترل می‌شود. گالیک اسید و متیل گالات نیز باعث افزایش پایداری اکسایشی تری آسیل گلیسرول‌های روغن ماهی کیلکـا و امولسـیون روغن در آب آن می‌شود (Asnaashari *et al*. 2014).

در مطالعه حاضر اثر پیش تیمار مایکروویو بر بـازدهی اسـتخراج، ترکیب اسیدهای چرب و برخی خصوصیات شیمیایی شامل عدد یدی، عدد اسیدی و عدد صابونی روغن جوانـه گنـدم بررسـی شـده اسـت. همچنین، اثر روغن جوانه گندم استخراج شده به‌عنوان آنتی اکسیدان بر پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا با اندازه‌گیری اعداد پراکسید، آنیزیدین و توتوکس و زمان القاء بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

هگزان، متانول، استیل کلرید، ایزواکتـان، اسـید اسـتیک و یدیـد پتاسیم از شرکت مرک آلمـان خریـداری شـدند. معـرف آنیزیـدین و TBHQ از شـرکت سـیگمای آلمـان خریـداری شـدند. هیدروکسـید پتاسـیم، اسـید کلریـدریک، فنـل فتـالئین و هیدروکسـید سـدیم و تیوسولفات سدیم از شرکت کیمیا مواد ایران خریداری شدند. اتانول و کلروفرم از شرکت دکتر مجللی ایران خریداری شدند.

استخراج روغن جوانه گندم

پس از تهیه نمونه‌های جوانه گنـدم (*Triticum aestivum* L.)از شرکت آرد سپیدان (شـیراز، ایـران)، بـه‌منظـور جلـوگیری از فعالیـت آنزیمی، عملیات آنزیم‌بری خشک بر اساس روش استفاده شده توسط Malekian و همکاران (2000) با کمی تغییر، در دمـای 150 درجـه سلسیوس به مدت 10 دقیقه بـر روی نمونـه‌هـا انجـام و پـس از آن نمونه‌ها تا زمان استخراج روغن، درون بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در محیط خشک، خنک و تاریک نگهداری شدند.

سه روش 1- استخراج روغن به روش بلی و دایـر، 2- اسـتخراج روغن به روش سوکسله و 3- استخراج روغن با استفاده از پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله بر روی نمونه‌های جوانه گندم اعمـال گردید در روش بلی و دایر، استخراج روغـن جوانـه گنـدم بـه کمـک مخلوط کلروفرم-متانول-آب (با نسبت حجمی 0/8:1:2) با استفاده از یک همزن مغناطیسی (100 دور در دقیقه) به مدت ده ساعت انجـام شـد (Bligh and Dyer, 1959). در روش سوکسـله، روغـن جوانـه گندم با اسـتفاده از حـلال هگـزان بـه مـدت ده سـاعت در دسـتگاه سوکسله (Heraeus ،P5C) اسـتخراج گردیـد. در روش اسـتخراج بـا استفاده از پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله، در ابتدا نمونه‌ها در آون مـــایکروویو (فرکـــانس2450 مگـــاهرتز، ME3410W، سامسونگ)، تحت توان 100 وات به مدت 15 دقیقـه قـرار گرفتـه و سپس عملیات استخراج با حلال هگزان در دسـتگاه سوکسـله انجـام گردید. نمونه‌های روغـن در زمـان‌هـای 2، 4، 6، 8 و 10 سـاعت از فرآیند استخراج جمع آوری و تا زمان انجام آزمایش‌ها درون ظـروف مخصوص، در محل تاریـک و دمـای 4 درجـه سلسـیوس نگهـداری شدند. مقدار روغن نمونه بـا اسـتفاده از روش اسـتاندارد AACC بـه شماره 25/01-30 اندازه‌گیری گردید (AACC 2011).

تعیین ویژگی‌های شیمیایی روغن جوانه گندم

عدد صابونی روغن جوانه گندم مطابق با اسـتاندارد AOAC بـه شماره 920/160 اندازه‌گیری گردید (AOAC2000). به‌منظور بررسی عدد اسـیدی روغـن جوانـه گنـدم از اسـتاندارد AOAC بـه شـماره 940/28 استفاده شد. درصـد اسـیدچرب آزاد برحسـب اسـید اولئیـک محاسبه شد (AOAC 2000). به‌منظور بررسی عدد یدی نمونه‌هـای روغن جوانه گندم از استاندارد AOAC به شماره 993/20 استفاده شد (AOAC 2000).

تعیین پروفایل اسیدهای چرب روغن جوانه گندم

به‌منظور تهیه متیل استر اسیدهای چرب، بـه 200 میلـی‌گـرم از روغن جوانه گندم 10 میلی‌لیتر مخلـوط متـانول- اسـتیل کلریـد 95 درصد اضافه شد. سپس نمونه به مدت 1 ساعت در دمـای 85 درجـه سلسیوس قرار داده شد. پس از سرد شدن نمونه‌هـا 5 میلـی‌لیتـر آب

مقطر به روغن متیل استر شده اضافه و مخلوط حاصل به مدت 5 دقیقه با استفاده از همزن به‌خوبی یکنواخت شد. سپس 2 میلی‌لیتر حلال هگزان حاوی 0/01% TBHQ (جهت جلوگیری از اکسایش اسیدهای چرب غیراشباع) به مخلوط یکنواخت شده اضافه شد. بعد از یکنواخت شدن با همزن، مخلوط به مدت 5 دقیقه با سرعت 4000 دور در دقیقه در دمای 25 درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. سپس مایع فوقانی نمونه سانتریفوژ شده (لایه هگزان) جداسازی و تا زمان تزریق در ظرف‌های مخصوص در یخچال نگهداری شد.

جهت بررسی اسید چرب روغن جوانه گندم از دستگاه کروماتوگرافی گازی (SP-3420A, Beifen, China) مجهز به شناساگر یونیزاسیون شعله‌ای استفاده شد. از ستون BPX70 ساخت شرکت SGE استرالیا با طول 120 متر، ضخامت فیلم 0/25 میکرومتر و قطر 0/25 میلی‌متر استفاده شد. گاز حامل سیستم نیتروژن بود. دمای ستون، آشکارساز و محل تزریق به‌ترتیب 198 (ایزوترمال)، 250 و 300 درجه سلسیوس بود. نسبت جداسازی و تفکیک مواد 1:10 بود (Golmakani *et al*., 2012).

بررسی اثر روغن جوانه گندم بر پایداری اکسیداسیون روغن ماهی کیلکا

روغن ماهی کیلکای خام فاقد آنتی اکسیدان از یک کارخانه محلی خریداری شد (رشت، ایران). روغن جوانه گندم در غلظت 1000 ppm به روغن ماهی کیلکا افزوده شد. یک نمونه روغن ماهی کیلکای فاقد روغن جوانه گندم نیز به‌عنوان نمونه‌ی کنترل در نظر گرفته شد. نمونه‌های روغن ماهی کیلکا به مدت 15 روز در دمای 60 درجه سلسیوس در ظروف تیره‌ی سر باز نگهداری شدند. عدد پراکسید و عدد آنیزیدین نمونه‌های روغن ماهی کیلکا هر سه روز یک بار اندازه‌گیری شدند. جهت بررسی عدد پراکسید از استاندارد AOCS به شماره Cd 8-53 استفاده شد. عدد پاراآنیزیدین براساس روش AOCS به شماره Cd 18-90اندازه‌گیری شد (AOCS, 2000).میزان کل اکسایش از جمع عدد آنیزیدین به اضافه دو برابر عدد پراکسید به‌دست آمد (Frankel, 2005).

زمان القاء بر اساس زمان رسیدن عدد پراکسید نمونه به 20 میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن ماهی کیلکا اندازه‌گیری شد (Hashemi *et al*. 2011).کارآیی هر یک از آنتی‌اکسیدان‌ها بر اساس فاکتورحفاظت و مطابق معادله (1) محاسبه شد (Hraš *et al*. 2000).

$$\text{فاکتور حفاظت} = \frac{\text{زمان القاء نمونه‌ی حاوی آنتی اکسیدان}}{\text{زمان القاء نمونه‌ی بدون آنتی‌اکسیدان}} \qquad (1)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمون‌ها در حداقل سه تکرار انجام و سپس میانگین و انحراف معیار با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه گردید. تعیین اختلاف بین میانگین‌ها به کمک مدل خطی تعمیم یافته (GLM) در سطح اطمینان 95 درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

اثر مایکروویو بر بازدهی استخراج روغن جوانه گندم

بازدهی استخراج روغن جوانه گندم به کمک روش‌های مختلف در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- اثر پیش تیمار مایکروویو بر بازدهی استخراج (٪) روغن جوانه گندم

زمان استخراج (ساعت)	روش استخراج: بلی و دایر	سوکسله	پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله
2	$16/44 \pm 0/06^{Ab*}$	$7/37 \pm 0/04^{Ce}$	$9/09 \pm 0/08^{Be}$
4	$21/31 \pm 0/04^{Aa}$	$8/26 \pm 0/04^{Cd}$	$10/05 \pm 0/05^{Bd}$
6	$21/31 \pm 0/04^{Aa}$	$8/71 \pm 0/04^{Cb}$	$10/23 \pm 0/03^{Bc}$
8	$21/16 \pm 0/05^{Aa}$	$8/51 \pm 0/03^{Cc}$	$10/61 \pm 0/03^{Bb}$
10	$21/03 \pm 0/04^{Aa}$	$8/80 \pm 0/02^{Ca}$	$11/09 \pm 0/08^{Ba}$

* اعداد میانگین سه تکرار بوده که به صورت میانگین ± انحراف از استاندارد، گزارش شده‌اند. میانگین‌های دارای حروف بزرگ یکسان در هر ردیف و حروف کوچک یکسان در هر ستون دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال 5% نمی‌باشند.

در روش بلی و دایر با افزایش زمان استخراج از 2 به 4 ساعت، بازدهی استخراج به شکل معنی‌دار افزایش یافت (P<0/05)، اما بعد از آن و با افزایش زمان استخراج از 4 به 10 ساعت، افزایش قابل توجهی در بازدهی استخراج مشاهده نشد. بازدهی روغن جوانه گندم با روش استخراج با حلال تحت فشار و سوکسله حدود 11% گزارش شده است (Dunfordand and Zhang, 2003). در روش استخراج بلی و دایر به دلیل استفاده از مخلوط حلال‌های قطبی (متانول و آب) و غیر قطبی (کلروفرم)، ترکیبات قطبی نیز علاوه بر ترکیبات غیرقطبی می‌توانند استخراج شوند (Bligh and Dyer 1959; Nazemi *et al*. 2010). بنابراین، بالاتر بودن میزان بازدهی استخراج

روغن جوانه گندم در روش بلی و دایر در این مطالعه به دلیل استخراج ترکیبات قطبی‌تر محلول در مخلوط کلروفرم-متانول-آب می‌باشد. در دو روش استخراج با سوکسله و استخراج بـا اسـتفاده از پـیش تیمـار مایکروویو و در ادامه سوکسله با گذشت زمان، بازدهی اسـتخراج بـه شکل معنی‌داری افزایش پیدا کرد. همچنین، پیش تیمار مایکروویو در مقایسه با روش بدون پیش تیمار، موجب افزایش بازدهی استخراج به میـزان 27-15 درصـد در سـاعت‌هـای مختلـف اسـتخراج گردیـد. Amarni و Kadi (2010) نیز گزارش کردند که استخراج بـه کمـک مایکروویو روغن تفاله زیتون به شکل قابل تـوجهی باعـث افـزایش بازدهی استخراج نسبت به روش سوکسله می‌شود. همچنین، استفاده از پیش تیمار مایکرویو باعث افزایش بازدهی استخراج روغـن فنـدق نسبت به روش سوکسله می‌گردد. افزایش بازدهی استخراج در نتیجه تخریب غشای سلولی توسط امواج مایکروویو و همچنین ایجاد منافذ دائمی بوده که روغن را قادر می‌سازد تا از میان دیـواره‌هـای سـلولی نفوذپذیر عبور کند (Uquiche *et al*. 2008).

اثر پیش تیمار مایکروویو بر ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن جوانه گندم

اثر پیش تیمار مایکروویو بر اسیدهای چرب اصلی روغـن جوانـه گندم در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- اثر پیش تیمار با مایکروویو بر ترکیب اسیدهای چرب (٪) روغن جوانه گندم

اسید چرب	روش پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله		سوکسله	
	2 ساعت	10 ساعت	2 ساعت	10 ساعت
پالمیتیک اسید (16:0)	18/75±1/41*a	17/42±1/62a	18/14±1/34a	17/92±1/39a
استئاریک اسید (18:0)	0/53±0/09a	0/48±0/09a	0/56±0/08a	0/55±0/06a
اولئیک اسید (18:1)	16/83±0/89a	17/45±0/97a	15/47±0/91a	16/42±1/11a
لینولئیک اسید (18:2)	54/99±1/24a	57/63±1/36a	56/60±2/31a	58/61±1/21a
لینولنیک اسید (18:3)	8/12±1/17a	6/88±0/23c	7/96±0/59a	7/28±0/14b
گادولئیک اسید (20:1)	0/79±0/15a	0/90±0/16a	1/05±0/19a	0/99±0/13a

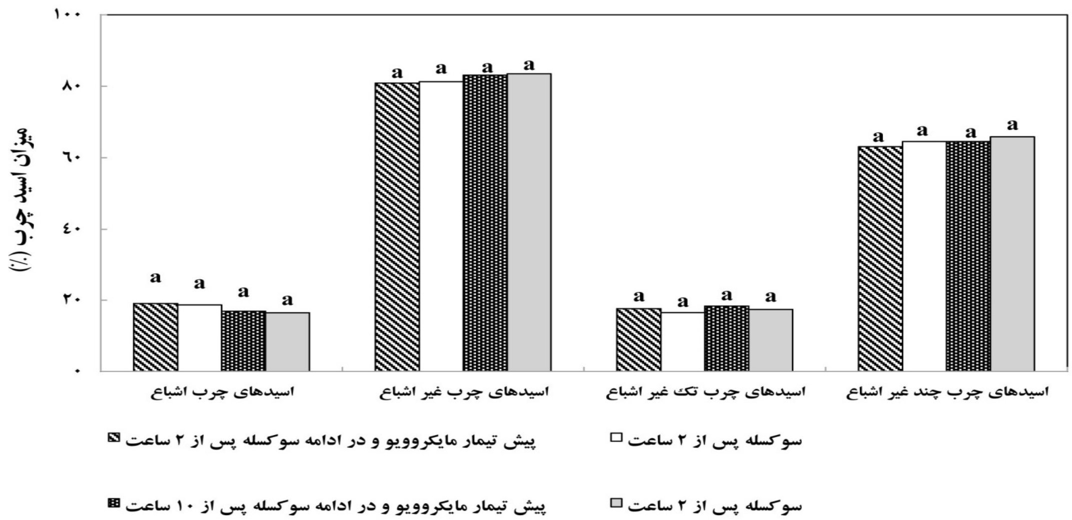
* اعداد میانگین سه تکرار بوده که به صورت میانگین ± انحراف از استاندارد، گزارش شده‌اند. در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف کوچک یکسان دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال 5% نمی‌باشند.

بـین مقـادیر اسـیدهای چـرب پالمیتیـک، اسـتئاریک، اولئیـک، لینولئیک و گادولئیک در دو روش استخراج با سوکسله و استخراج بـا پیش تیمـار مـایکروویو و در ادامـه سوکسـله در زمـان‌هـای 2 و 10 ساعت، تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نگردیـد (P<0/05). بـرخلاف نتایج تحقیق حاضر، Uquiche و همکاران (2008) گزارش کردند که استفاده از پیش تیمار مایکروویو در توان 600-400 وات باعث کاهش اولئیک و لینولئیک اسید و افزایش لینولنیک و اروسیک اسید در روغن فندق می‌شود. Juhaimi و همکاران (2018) نیز بیان کردند که پیش تیمار مایکروویو در توان‌های 360، 540 و 720 وات اثر قابل توجهی بر ترکیب اسید چرب روغن هسته زردآلو دارد. بنابراین، تفاوت نتـایج مطالعـه حاضـر بـا مطالعـه‌هـای Uquiche و همکـاران (2008) و Juhaimi و همکاران (2018) ممکن است به دلیـل اسـتفاده از تـوان پایین‌تر (100 وات) در این تحقیق باشد.

با افزایش زمان استخراج از 2 به 10 ساعت میزان لینولنیک اسید در هر دو روش به شکل معنـی‌داری کـاهش پیـدا کـرد (P<0/05). همچنین، پیش تیمار مایکرویو سبب کاهش بیشـتر لینولنیـک اسـید گردیده است. مطابق نتایج Anjum و همکاران (2006) در بررسی اثر پیش تیمار مایکروویو بر پروفایل اسیدهای چرب روغـن آفتـابگردان، مقادیر اولئیک و لینولئیک اسید نسبت به پالمیتیک و استئاریک اسید، به‌طور چشمگیری تحت تأثیر پیش تیمار مایکروویو قرار مـی‌گیرنـد. افزایش زمان پیش تیمار مایکروویو، کمتر شدن میزان لینولئیک اسید و بیشتر شدن مقدار اولئیک اسید را به نسبت نمونه بدون پیش تیمار به دنبال دارد. کاهش میزان لینولئیک اسید با افزایش زمان اسـتخراج ممکن است به دلیل اکسایش لینولئیک اسید باشد (Uquiche *et al*. 2008; Yoshida *et al*. 2006). سرعت اکسـایش لینولئیـک اسـید حدود 40 برابر بیشتر از اولئیک اسید می‌باشد (Frankel 2005).

اثر پیش تیمار مـایکروویو بـر مجمـوع اسـیدهای چـرب اشـباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب تک غیراشـباع و اسـیدهای چرب چند غیراشباع در شکل 1 نشان داده شده است. اختلاف آمـاری معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب تک غیراشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع بین دو روش استخراج سوکسله و استخراج با پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله و همچنین میان زمان‌های مختلف استخراج مشاهده نگردید (P<0/05). Kiralan و همکاران (2014) نیـز در بررسـی اثـر پـیش تیمار زیره سیاه با امواج مایکروویو و سـپس اسـتخراج روغـن آن بـا روش سوکسله گزارش کردند که پـیش تیمـار مـایکروویو اثـری بـر

ترکیب اسید چرب روغن زیره‌ی سیاه ندارد.



شکل 1- اثر پیش تیمار مایکروویو بر اسیدهای چرب اشباع، اسیدهای چرب غیراشباع، اسیدهای چرب تک غیراشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع روغن جوانه گندم.

اثر پیش تیمار مایکروویو بر عدد اسیدی، یدی و صابونی روغن جوانه گندم

اثر پیش تیمار مایکروویو بر عدد اسیدی، یدی و صابونی روغن جوانه گندم، در جدول 3 نشان داده شده است.

عدد اسیدی در روش‌های استخراج سوکسله و استخراج با پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله به‌ترتیب برابر با 16/06 و 16/40 میلی‌گرم سدیم هیدروکسید/ گرم بود. Kiralan و همکاران (2014) نیز گزارش کردند که میزان اسید چرب آزاد روغن زیره سیاه استخراج شده با و بدون پیش تیمار مایکروویو به‌ترتیب برابر با 9/58 و 9/28% بود. Uquiche و همکاران (2008) نیز افزایش عدد اسیدی روغن استخراج شده بدون پیش تیمار مایکروویو از 1/56 به 1/83 میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید/ گرم در روغن استخراج شده با پیش تیمار مایکروویو را گزارش کردند. افزایش عدد اسیدی روغن طی پیش تیمار با مایکروویو ممکن است به دلیل هیدرولیز تری‌گلیسریدها توسط امواج مایکرویو و افزایش اسیدهای چرب آزاد باشد (Kittiphoom and Sutasinee 2015).

جدول 3- اثر پیش تیمار با امواج مایکروویو بر عدد اسیدی، یدی و صابونی روغن جوانه گندم

خصوصیت شیمیایی	روش پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله	روش سوکسله
عدد اسیدی (میلی‌گرم سدیم هیدروکسید/ گرم روغن)	16/40 ± 0/09*[a]	16/06 ± 0/06[b]
عدد صابونی (میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید/ گرم روغن)	198/82 ± 0/02[a]	179/63 ±0/04[b]
عدد یدی (گرم ید/ 100 گرم روغن)	124/75 ± 0/07[b]	132/9 ± 0/05[a]

*اعداد میانگین سه تکرار بوده که به صورت میانگین ± انحراف از استاندارد، گزارش شده‌اند. در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف کوچک یکسان دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال 5% نمی‌باشند

تری گلیسریدهایی که دارای اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بیشتری هستند، عدد صابونی بیشتری دارند (Uquiche *et al*. 2008). عدد صابونی روغن استخراج شده در روش‌پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله 9/65% بیشتر از عدد صابونی روغن استخراج شده به روش سوکسله بود. بنابراین، روغن استخراج شده به روش پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله، دارای اسیدهای کوتاه زنجیر بیشتری نسبت به نمونه استخراج شده به روش سوکسله می‌باشد. لیپیدها در بافت‌های گیاهی عمدتا به دو شکل لیپیدهای ذخیره‌ای (عمدتا تری آسیل گلیسرول‌ها) و لیپیدهای غشایی (عمدتا فسفولیپیدها) حضور دارند. طول زنجیره و میزان اشباعیت اسیدهای چرب موجود در فسفولیپیدها با اسیدهای چرب تری‌گلیسریدها متفاوت می باشد (Takagi *et al*. 1999; Yoshida *et al*. 2006). بنابراین، بالاتر بودن عدد صابونی روغن جوانه گندم استخراج شده با پیش تیمار مایکروویو نسبت به روش سوکسله ممکن است به دلیل تخریب

غشای سلولی توسط امواج مایکروویو و ورود اسیدهای چرب کوتاه زنجیرتر به درون روغن جوانه گندم باشد. بر خلاف نتایج حاصل، Uquiche و همکاران (2008) کاهش عدد صابونی را در روغن فندق استخراج شده با استفاده از پیش تیمار مایکروویو (0/168) را در مقایسه با استخراج بدون پیش تیمار (0/193) گزارش کردند.

عدد یدی شاخصی از میانگین مقدار غیراشباعیت روغن‌ها و چربی‌ها می‌باشد (Knothe, 2002). عدد یدی در روغن استخراج شده به روش سوکسله به شکل معنی داری بیشتر از عدد یدی روغن استخراج شده به روش پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله می‌باشد (P<0/05) که ممکن است به دلیل کاهش میزان لینولنیک اسید در روغن استخراج شده به روش پیش تیمار مایکروویو و در ادامه سوکسله باشد. بنابراین، روغن استخراج شده به روش سوکسله پایداری اکسایشی کمتری دارد. Anjum و همکاران (2006) بیان کردند که کاهش عدد یدی در تیمار با مایکروویو ممکن است به دلیل کاهش غیراشباعیت روغن در نتیجه اکسایش، پلیمریزاسیون یا شکستن اسیدهای چرب بلند زنجیر باشد.

اثر روغن جوانه گندم بر پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا

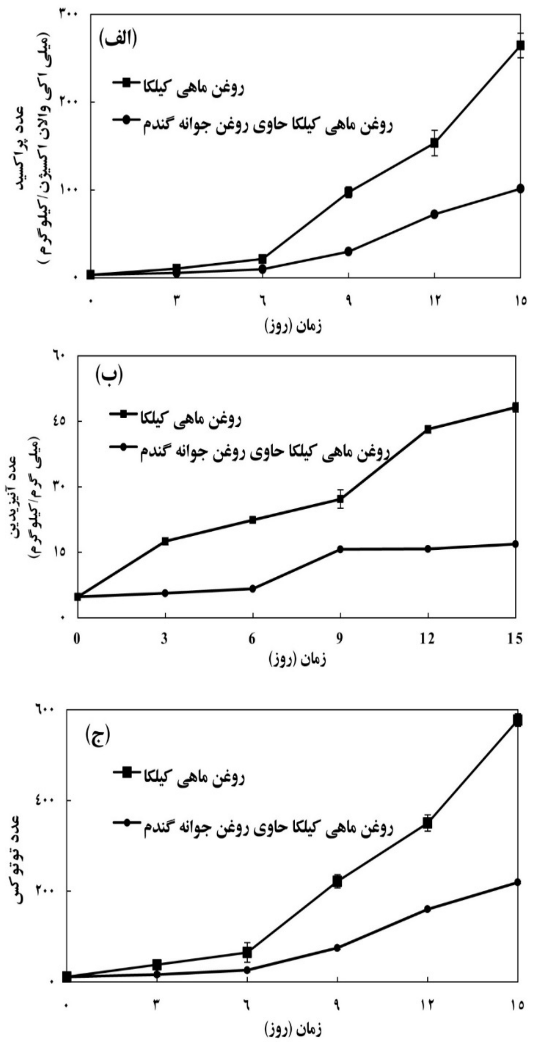
عدد پراکسید بیانگر اکسایش اولیه روغن می‌باشد (Frankel, 2005). نتایج مربوط به تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های روغن ماهی کیلکا طی دوره‌ی نگهداری در دمای 60 درجه سلسیوس در شکل 2 (الف) نشان داده شده است. تا روز ششم نگهداری، عدد پراکسید نمونه‌ی کنترل با نرخ نسبتا پایینی افزایش پیدا کرده است. بنابراین، محصولات اولیه اکسیداسیون تا این زمان هنوز به‌طور قابل توجهی تولید نشده اند. عدد پراکسید نمونه کنترل در روز نهم با سرعت بیشتری افزایش پیداکرده‌است. نمونه کنترل و نمونه حاوی روغن جوانه گندم در کاهش سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها تا روز ششم نگهداری عملکرد مشابهی داشتند، اما در روز نهم نگهداری عدد پراکسید نمونه حاوی روغن جوانه‌ی گندم به شکل معنی‌داری کمتر از نمونه کنترل بود (P<0/05). عدد پراکسید نمونه کنترل و نمونه حاوی روغن جوانه گندم در انتهای دوره نگهداری به‌ترتیب 264/5 و 101/6 میلی‌اکی‌والان اکسیژن/ کیلوگرم روغن بودند. بنابراین، روغن جوانه گندم اثر آنتی‌اکسیدانی خود را در مراحل پیشرفته اکسیداسیون به شکل بهتری نشان داده است. Małecka (2002) نیز گزارش کرد که روغن جوانه گندم به شکل قابل توجهی باعث کاهش عدد پراکسید روغن منداب نسبت به نمونه کنترل می‌شود. همچنین، روغن جوانه گندم در کاهش عدد پراکسید روغن منداب نسبت به BHA عملکرد موثرتری دارد.

مدت زمان لازم برای رسیدن عدد پراکسید نمونه به 20 میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن به‌عنوان پایان دوره‌ی القاء در نظر گرفته می‌شود (Keramat *et al*. 2016). زمان القاء برای روغن ماهی کیلکای کنترل برابر با 84/4 ساعت و برای روغن ماهی کیلکای حاوی روغن جوانه گندم، 120/2 ساعت بود. بنابراین، روغن جوانه‌ی گندم به‌طور قابل توجهی باعث افزایش زمان القاء روغن ماهی کیلکا نسبت به نمونه کنترل می‌گردد. Pazhouhanmehr و همکاران (2015) نیز گزارش کردند که افزودن ترکیبات غیرقابل صابونی شدن هسته بنه به روغن ماهی کیلکا به شکل قابل توجهی باعث افزایش زمان القاء روغن ماهی کیلکا نسبت به نمونه کنترل می‌شود.

فاکتور حفاظت، زمان القاء نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان را نسبت به نمونه کنترل بیان می‌کند (Keramat *et al*. 2016). فاکتور حفاظت برای روغن ماهی کیلکای حاوی روغن جوانه گندم و روغن ماهی کیلکای کنترل به‌ترتیب برابر با 1/42 و 1/00 بود. بنابراین، نمونه حاوی روغن جوانه گندم 1/42 برابر نمونه کنترل تغییرات اکسایشی را در روغن ماهی کیلکا به تاخیر انداخته است. Hashemi و همکاران (2012) نیز گزارش کردند که در روغن منداب فاکتور حفاظت اسانس مرزه 1/6 برابر نمونه کنترل می‌باشد.

عدد آنیزیدین نشان دهنده میزان ترکیبات آلدئیدی حاصل از اکسایش ثانویه می‌باشد (Frankelm, 2005). نتایج مربوط به عدد آنیزیدین نمونه‌های روغن ماهی کیلکا طی 15 روز نگهداری در دمای 60 درجه سلسیوس در شکل 2 (ب) نشان داده شده است. افزودن روغن جوانه گندم به شکل قابل توجهی باعث کاهش سرعت تولید محصولات ثانویه‌ی اکسایشی در روغن ماهی کیلکا شده است. در انتهای دوره نگهداری، عدد آنیزیدین نمونه کنترل تقریبا 2 برابر نمونه حاوی روغن جوانه گندم بود.

عدد توتوکس شاخصی از میزان هیدروپراکسیدها و محصولات تجزیه‌ای آن‌ها بوده و تخمین بهتری از میزان پیشرفت اکسایشی روغن‌ها و چربی‌ها را ارایه می‌دهد (Frankel, 2005). نتایج مربوط به تغییرات عدد توتوکس نمونه‌های روغن ماهی کیلکا طی 15 روز نگهداری در دمای 60 درجه سلسیوس در شکل2 (ج) نشان داده شده است. روند تغییرات عدد توتوکس مشابه عدد پراکسید بود. روغن جوانه گندم به شکل قابل توجهی باعث کاهش عدد توتوکس نمونه‌ی روغن ماهی کیلکا نسبت به نمونه کنترل گردیده است. در انتهای دوره نگهداری، روغن جوانه گندم تشکیل محصولات اولیه و ثانویه اکسایشی را به میزان 61/97 درصد نسبت به نمونه کنترل کاهش داده است. خصوصیات آنتی‌اکسیدانی روغن جوانه گندم عمدتا به دلیل وجود مقادیر قابل توجه توکوفرول‌ها و استرول‌های گیاهی می‌باشد. میزان آلفا-توکوفرول در روغن جوانه گندم در محدوده 2/319 - 0/166میلی‌گرم/ گرم روغن و میزان بتاتوکوفرول در محدوده 0/121 - 6/66 میلی‌گرم/گرم روغن می‌باشد (Molero Gómez and Martinez De La Ossa 2000).



شکل 2- اثر روغن جوانه‌ی گندم بر شاخص‌های پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا. (الف) عدد پراکسید، (ب) عدد آنیزیدین و (ج) عدد توتوکس.

میزان استرول‌های گیاهی در روغن جوانه گندم نیـز در محـدوده 0/03-42/42 میلی‌گرم/ گرم روغن می‌باشـد (Schwartz *et al.* 2008).

دلتا-5- اون استرول حدود 6-2% از دی متیل استرول‌های روغن جوانه گندم را تشکیل می‌دهد وسیترواستادیانول ترکیب اصلی تشکیل دهنده 4- متیل استرول می‌باشد. هر دوی این ترکیبـات در زنجیـره جــانبی خــود دارای پیونــدهای اتیلیــدن بــوده و دارای فعالیــت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. همچنین، این روغن حاوی اسکوالن بوده که اثرات آنتی‌اکسیدانی آن در مطالعات مختلف تایید شده است (Ko *et al.* 2002; Małecka 2002; Owen *et al.* 2000).

نتیجه‌گیری

در این مطالعـه اثـر پـیش تیمـار امـواج مـایکروویو بـر بـازدهی استخراج، ترکیب اسیدهای چرب و برخی خصوصیات شیمیایی روغن جوانه گندم بررسی شـده اسـت. همچنـین، اثـر روغـن جوانـه گنـدم استخراج شده بر پایداری روغـن مـاهی کیلکـا طـی دوره نگهـداری تسریع شده بررسی شده است. نتایج نشان داد کـه اسـتفاده از پـیش تیمار مایکروویو باعث افزایش بازدهی استخراج روغـن جوانـه گنـدم می‌شود. اگرچه پیش تیمار مایکرویو سبب کـاهش میـزان لینولنیـک اسید در روغن جوانه گندم شده است، اما اثری بر سایر اسیدهای چرب و همچنین میزان اسیدهای چرب اشباع، اسـیدهای چـرب غیراشـباع، اسیدهای چرب تک غیراشباع و اسیدهای چرب چند غیراشباع روغـن جوانه گندم نداشته است. همچنین، پیش تیمار مـایکروویو منجـر بـه افزایش عدد اسیدی و صابونی و کاهش عدد یدی روغن جوانه گنـدم نسبت به نمونه کنترل بدون پیش تیمار شده است. کاهش عدد یدی ممکن است به دلیل کاهش میزان لینولنیک اسید باشد. بنابراین، پیش تیمار با امواج مایکروویو منجر به بهبود پایداری اکسایشی روغن جوانه گندم شده است. افزودن روغن جوانه گندم بـه‌عنـوان آنتـی‌اکسـیدان طبیعی به روغن ماهی کیلکا منجر به افزایش دوره القـاء و همچنـین کاهش اعداد پراکسید، آنیزیدن و توتوکس شده است. به شکل کلـی، روغن جوانه گندم آنتـی اکسـیدان طبیعـی مناسـبی جهـت افـزایش پایداری اکسایشی روغن ماهی کیلکا می‌باشد.

منابع

AACC. 2011. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. The Association St, Paul, MN.

Amarni, F., &Kadi, H. 2010. Kinetics study of microwave-assisted solvent extraction of oil from olive cake using hexane: comparison with the conventional extraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*: 11, 322-327.

Anjum, F., Anwar, F., Jamil, A., &Iqbal, M. 2006. Microwave roasting effects on the physico-chemical composition and oxidative stability of sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83:777-784.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC *International, Arlington*,VA.

AOCS. 2000. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. *AOCS Press*,

Champaign, Illinois.
Asnaashari, M., Farhoosh, R., & Sharif, A. 2014. Antioxidant activity of gallic acid and methyl gallate in triacylglycerols of Kilka fish oil and its oil-in-water emulsion. *Food Chemistry*, 159: 439-444.
Bligh, E. G., & Dyer, W. J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917.
Dunford, N. T., & Zhang, M. 2003. Pressurized solvent extraction of wheat germ oil. *Food Research International*, 36: 905-909.
Fazel, M., Sahari, M. A., & Barzegar, M. 2008. Determination of main tea seed oil antioxidants and their effects on common Kilka oil. *International Food Research Journal*, 15: 209-217.
Fazli, H., Zhang, C.I., Hay., D.E., and Lee, C.W. 2009. Stock assessment and management implications of anchovy kilka (*Clupeonella engrauliformis*) in Iranian waters of the Caspian Sea. *Fisheries Research*, 100: 103-108.
Frankel, E.N. 2005. Lipid oxidation. Woodhead Publishing Limited, *Cambridge*, UK.
Golmakani, M. T., Mendiola, J. A., Rezaei, K., & Ibáñez, E. 2012. Expanded ethanol with CO_2 and pressurized ethyl lactate to obtain fractions enriched in γ-Linolenic Acid from *Arthrospira platensis* (*Spirulina*). *Journal of Supercritical Fluids*, 62: 109-115.
Hao, J. Y., Han, W., Xue, B. Y., & Deng, X. 2002. Microwave-assisted extraction of artemisinin from *Artemisia annua* L. Separation and Purification Technology, 28: 191-196.
Hashemi, M. B., Niakousari, M., Saharkhiz, M. J., & Eskandari, M. H. 2011. Influence of *Zataria multiflora Boiss* essential oil on oxidative stability of sunflower oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113: 1520-1526.
Hashemi, M.B., Niakousari, M., Saharkhiz, M.J., & Eskandari, M.H. 2012.Effect of *Saturejakhuzestanica* essential oil on oxidative stability of sunflower oil during accelerated storage. *Natural product research*, 26: 1458-1463.
Hraš, A.R., Hadolin, M., Knez, Ž., & Bauman, D. 2000. Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α-tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food Chemistry*,71: 229-233.
Juhaimi, F. A., Özcan, M. M., Ghafoor, K., & Babiker, E. E. 2018. The effect of microwave roasting on bioactive compounds, antioxidant activity and fatty acid composition of apricot kernel and oils. *Food Chemistry*, 243: 414-419.
Kahlon, T. 1989.Nutritional implications and uses of wheat and oat kernel oil. *Cereal Foods World*, 34: 135-142.
Keramat, M., Golmakani, M.T., Aminlari, M., & Shekarforoush, S.S. 2016.Comparative effect of *Bunium persicum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their synergy with citric acid on the oxidation of virgin olive oil. *International Journal of Food Properties*, 19: 2666-2681.
Kiralan, M., Özkan, G., Bayrak, A., & Ramadan, M. F. (2014). Physicochemical properties and stability of black cumin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 57: 52-58.
Kittiphoom, S., & Sutasinee, S. 2015. Effect of microwaves pretreatments on extraction yield and quality of mango seed kernel oil. *International Food Research Journal*, 22: 960-964.
Knothe, G. 2002. Structure indices in FA chemistry. How relevant is the iodine value . *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79: 847-854.
Ko, T. F., Weng, Y. M., &Chiou, R. Y. Y. 2002. Squalene content and antioxidant activity of *Terminaliacatappa* leaves and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 5343-5348.
Kou, D., &Mitra, S. 2003. Extraction of semi volatile organic compounds from solid matrices. Sample Preparation *Techniques in Analytical Chemistry*, 7: 139-182.
Lin, C. C., & Lin, C. S. 2004. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing whit tea extracts. *Journal of Food Chemistry*, 16: 169-175.
Małecka, M. 2002. Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. *Food Chemistry*, 79: 327-330.
Malekian, F., Rao, R. M., Prinyawiwatkul, W., Marshall, W. E., Windhauser, M., &Ahmedna, M. 2000. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. Louisiana Agricultural Experiment Station, *Louisiana State University Agricultural Center*.
Molero Gómez, A.., Martinez De La Ossa, E. 2000. Quality of wheat germ oil extracted by liquid and supercritical carbon dioxide. Journal of the American *Oil Chemists' Society*, 77: 969-974.
Motalebi, A. A., &Seyfzade, M. 2011. Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common kilka (*Clupenelliadelitula*). *Iranian journal of Fisheries Sciences*, 11: 132-144.
Nazemi, M., Khoshkhoo, Z., Motalebi, A., & Firozjaee, H. K. 2010. Identification nonpolar component andantibacterial activities of Iophon laevistylusfrom Persian Gulf. *International Journal of Environmental Science and Development*, 1: 107-110.
Owen, R. W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., &Bartsch, H. 2000. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids,

lignansand squalene. *Food and Chemical Toxicology*, 38: 647-659.

Pazhouhanmehr, S., Farhoosh, R., EsmaeilzadehKenari, R., & Sharif, A. 2015.Oxidative stability of purified common Kilka (*Clupeonella cultiventris* caspia) oil as a function of the bene kernel and hull oils. *International Journal of Food Science & Technology*, 50: 396-403.

Panfili, G., Cinquanta, L., Fratianni, A., &Cubadda, R. 2003. Extraction of wheat germ oil by supercritical CO_2: oil and defatted cake characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80: 157-161.

Pirestani, S., Sahari, M., Barzegar, M., Nikoopour, H. 2010. Lipid, cholesterol and fatty acid profile of some commercially important fish species from south Caspian Sea. *Journal ofFood Biochemistry*, 34: 886-895.

Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V., &Lampi, A. M. 2008.Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 152-161.

Simopoulos, A. P. 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*,70: 560-569.

Schwartz, H., Ollilainen, V., Piironen, V., & Lampi, A. M. 2008. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 152-161.

Takagi, S., Ienaga, H., Tsuchiya, C., & Yoshida, H. 1999. Microwave roasting effects on the composition of tocopherols and acyl lipids within each structural part and section of a soya bean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1155-1162.

Uquiche, E., Jeréz, M., & OrtÍz, J. 2008.Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuinaavellana* Mol). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 495–500.

Yoshida, H., Tomiyama, Y., Hirakawa, Y., & Mizushina, Y. 2006. Microwave roasting effects on the oxidative stability of oils and molecular species of triacylglycerols in the kernels of pumpkin (*Cucurbita* spp.) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 330-339.

Yu, L., Scanlin, L., Wilson, J., and Schmidt, G. 2002. Rosemary extracts as inhibitors of lipid oxidation and color change in cooked turkey products during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 67: 582-585.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 5, Dec- Jan 2019, p. 777-787

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 5، آذر - دی 1397، ص. 787-777

Effect of wheat germ oil extracted with microwave pretreatment on the oxidative stability of common Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) oil

M. T. Golmakani[1*], M. Mousavi Nasab[2], M. Keramat[3], A. Azhand[4]

Received: 2017.09.19
Accepted: 2018.01.24

Introduction: Wheat germ is a by-product of wheat milling industry. It contains about 11% oil. Wheat germ oil is well known as a tocopherol rich food lipid. It also contains more than 55% polyunsaturated fatty acids, mainly linoleic and alpha-linolenic acid (Simopoulos 1999; Schwartz *et al.* 2008). Wheat germ processing presents challenges due to its high content of bioactive compounds. Microwave-assisted extraction is a new extraction technology used for the extraction of bioactive compounds, which is based on combination of microwave and conventional solvent extraction. This technique which is used has many advantages such as short time, less solvent usage, and higher extraction yield (Hao *et al.* 2002).Common Kilka (Clupeonellacultriventris caspia) oil is considered as one of the most healthy and functional oils. It is highly rich in polyunsaturated ω-3 fatty acids such as eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. However, Kilka oil is highly vulnerable to oxidation due to its high content of poly unsaturated fatty acids. Oxidations of poly unsaturated fatty acids such as eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid result in a number of oxidation products that have negative impacts on the flavor and odor of Kilka oil, and also can affect the amount of these fatty acids that are made available to the body (Lin and Lin 2004; Fazli *et al.* 2009; Pazhouhanmehr *et al.* 2015; Yu *et al.* 2002). In order to preserve polyunsaturated fatty acids of Kilka oil from oxidative degradation, the use of novel and effective antioxidants can offer methods to maintain the health of consumers.The objective of this study was to investigate the effect of microwave-assisted extraction method on extraction yield and some chemical characteristics of wheat germ oil in comparison with conventional Soxhlet method. Also, wheat germ oil was investigated as a natural antioxidant for improving oxidative stability of Kilka oil.

Materials and methods: Wheat germ used in this research was supplied from Sepidan Flour Mill (Shiraz, Iran). Crude Kilka oil with no added antioxidants was supplied by a local fishery factory (Rasht, Iran).Wheat germ samples were pretreated with microwave at 200 W for 5 min. Thereafter, the samples were extracted with Soxhlet method. Samples were analyzed at 2, 4, 6, 8, and 10 h of extraction process. Extraction yield, saponification value, acid value, iodine value, and fatty acid profile of wheat germ oil extracted with microwave-assisted method were compared with those extracted with conventional Soxhlet method. Fatty acid composition of wheat germ oil was determined according to the method described by Golmakani *et al.* (2012) with some modifications. Saponification, acid, and iodine values of wheat germ oil were determined by using the AOAC official methods (AOAC 2000). Wheat germ oil was added to Kilka oil at a concentration of 1000 ppm. For the control, Kilka oil without any added antioxidant was used. Peroxide, anisidine, and Totox values of wheat germ oil were measured during 15 days storage at 60 °C. Peroxide, anisidine, and Totox values of wheat germ oil were determined using the AOCS official

1. Associate Professor of Food Science and Technology Department, School of Agriculture, Shiraz University.
2. Professor of Food Science and Technology Department and Seafood Processing Research Group, School of Agriculture, Shiraz University.
3. PhD Student of Food Science and Technology Department, School of Agriculture, Shiraz University.
4. Graduated MSc Student of Food Science and Technology Department, School of Agriculture, Shiraz University.
(*Corresponding Author Email: golmakani@shirazu.ac.ir)

methods (AOCS 2000). Induction period was considered as the number of days required for a sample to reach a PV of 20 meq O2/kg (Keramat *et al*. 2016).

Results and discussion: The microwave-assisted extraction method increased the extraction yield of wheat germ oil by 15-27%. Increase in extraction yield is due to cell membrane rupture by microwave which results in greater porosity, enabling the passage of oil from the cell membrane (Uquiche et al. 2008). The amounts of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, and polyunsaturated fatty acids in samples extracted by microwave-assisted extraction method were similar to those extracted by conventional Soxhlet method. Acid value of samples extracted by microwave-assisted extraction method was slightly higher than those extracted by conventional Soxhlet method. This result is in agreement with the previous studies (Kiralan et al. 2014; Uquiche et al. 2008). The saponification value of wheat germ oil sample extracted by microwave-assisted extraction method was 9.65% higher than those extracted by conventional Soxhlet method. Thus, wheat germ oil sample extracted by microwave-assisted extraction method contained higher short chain fatty acids than those extracted by conventional Soxhlet method. The iodine value of wheat germ oil sample extracted by microwave-assisted extraction method was lower than those extracted by conventional Soxhlet method. Accordingly, microwave-assisted extraction method has a positive effect on the oxidative stability of wheat germ oil. Wheat germ oil significantly decreased the peroxide, anisidine, and Totox values of Kilka oil by 61.59%, 65.01%, and 61.97%, respectively, compared to the control. The induction period and protection factor of Kilka oil sample containing wheat germ oil (120.20 h and 1.42, respectively) was significantly higher than those of control sample (84.40 h and 1.00, respectively). The inhibitory effect of wheat germ oil against Kilka oil oxidation can be attributed to the presence of high amounts of biological active compounds. Based on the results of this study, microwave extracted wheat germ oil can be proposed as a natural antioxidant for improving oxidative stability of Kilka oil.

Keywords: Extraction, Kilka oil, Microwave, Oxidative stability, Wheat germ oil